

Informatik I: Einführung in die Programmierung

23. Kleiner Exkurs: Daten-Übertragungen über unzuverlässige Medien

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



**UNI
FREIBURG**

Bernhard Nebel

16. Januar 2018



Motivation



- Wir wollen ein **verteiltes System**/Spiel implementieren, bei denen die Radio-Schnittstelle des micro!bit als Kommunikationskanal dienen soll.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- Wir wollen ein **verteiltes System**/Spiel implementieren, bei denen die Radio-Schnittstelle des micro!bit als Kommunikationskanal dienen soll.
- Man könnte annehmen, dass dieser Kommunikationskanal **zuverlässig** ist (und alle gesendeten Nachrichten überträgt).

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- Wir wollen ein **verteiltes System**/Spiel implementieren, bei denen die Radio-Schnittstelle des micro!bit als Kommunikationskanal dienen soll.
- Man könnte annehmen, dass dieser Kommunikationskanal **zuverlässig** ist (und alle gesendeten Nachrichten überträgt).
- Ist er aber nicht.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- Wir wollen ein **verteiltes System**/Spiel implementieren, bei denen die Radio-Schnittstelle des micro!bit als Kommunikationskanal dienen soll.
- Man könnte annehmen, dass dieser Kommunikationskanal **zuverlässig** ist (und alle gesendeten Nachrichten überträgt).
- Ist er aber nicht.
- Es können **Nachrichten verloren** gehen!

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- Wir wollen ein **verteiltes System**/Spiel implementieren, bei denen die Radio-Schnittstelle des micro!bit als Kommunikationskanal dienen soll.
- Man könnte annehmen, dass dieser Kommunikationskanal **zuverlässig** ist (und alle gesendeten Nachrichten überträgt).
- Ist er aber nicht.
- Es können **Nachrichten verloren** gehen!
- Können wir aus einem unzuverlässigen nicht einen zuverlässigen Kommunikationskanal machen?

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle

Das Problem der zwei Generäle



- Zwei byzantinische Generäle liegen mit ihren Armeen vor Konstantinopel (so um 1453 herum), und können die Stadt nur besiegen, wenn sie zur gleichen Zeit losschlagen.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- Zwei byzantinische Generäle liegen mit ihren Armeen vor Konstantinopel (so um 1453 herum), und können die Stadt nur besiegen, wenn sie zur gleichen Zeit losschlagen.
- Sie können sich nur indirekt über Boten unterhalten, die vom Gegner **abgefangen** werden können.



- Zwei byzantinische Generäle liegen mit ihren Armeen vor Konstantinopel (so um 1453 herum), und können die Stadt nur besiegen, wenn sie zur gleichen Zeit losschlagen.
- Sie können sich nur indirekt über Boten unterhalten, die vom Gegner **abgefangen** werden können.
- Gibt es eine Möglichkeit für sie, sich so abzusprechen, dass sie beider sicher sein können, dass sie beide gleichzeitig losschlagen.



- General A schickt General B eine Nachricht, morgen um 11 Uhr loszuschlagen.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- General A schickt General B eine Nachricht, morgen um 11 Uhr loszuschlagen.
- Er wird aber nur angreifen, wenn er sich 100% **sicher** ist, dass der andere auch angreift, und wartet deshalb auf eine Bestätigung.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- General A schickt General B eine Nachricht, morgen um 11 Uhr loszuschlagen.
- Er wird aber nur angreifen, wenn er sich 100% **sicher** ist, dass der andere auch angreift, und wartet deshalb auf eine Bestätigung.
- Wenn General B die Nachricht erhält, wird er eine Bestätigung schicken.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle

- General A schickt General B eine Nachricht, morgen um 11 Uhr loszuschlagen.
- Er wird aber nur angreifen, wenn er sich 100% **sicher** ist, dass der andere auch angreift, und wartet deshalb auf eine Bestätigung.
- Wenn General B die Nachricht erhält, wird er eine Bestätigung schicken.
- B wird aber nur angreifen, wenn er weiß, dass auch General A angreift, er also weiß, dass die Bestätigung angekommen ist.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle

- General A schickt General B eine Nachricht, morgen um 11 Uhr loszuschlagen.
- Er wird aber nur angreifen, wenn er sich 100% **sicher** ist, dass der andere auch angreift, und wartet deshalb auf eine Bestätigung.
- Wenn General B die Nachricht erhält, wird er eine Bestätigung schicken.
- B wird aber nur angreifen, wenn er weiß, dass auch General A angreift, er also weiß, dass die Bestätigung angekommen ist.
- Deshalb wird A die Bestätigung bestätigen.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- General A schickt General B eine Nachricht, morgen um 11 Uhr loszuschlagen.
- Er wird aber nur angreifen, wenn er sich 100% **sicher** ist, das der andere auch angreift, und wartet deshalb auf eine Bestätigung.
- Wenn General B die Nachricht erhält, wird er eine Bestätigung schicken.
- B wird aber nur angreifen, wenn er weiß, dass auch General A angreift, er also weiß, dass die Bestätigung angekommen ist.
- Deshalb wird A die Bestätigung bestätigen.
- A wird aber nur angreifen, wenn er weiß, dass B angreift, d.h. die Bestätigung der Bestätigung erhalten hat.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle

- General A schickt General B eine Nachricht, morgen um 11 Uhr loszuschlagen.
- Er wird aber nur angreifen, wenn er sich 100% **sicher** ist, das der andere auch angreift, und wartet deshalb auf eine Bestätigung.
- Wenn General B die Nachricht erhält, wird er eine Bestätigung schicken.
- B wird aber nur angreifen, wenn er weiß, dass auch General A angreift, er also weiß, dass die Bestätigung angekommen ist.
- Deshalb wird A die Bestätigung bestätigen.
- A wird aber nur angreifen, wenn er weiß, dass B angreift, d.h. die Bestätigung der Bestätigung erhalten hat.
- ...

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle

- Die Generäle müssen offensichtlich unendlich oft sich gegenseitig bestätigen um sich 100% sicher zu sein, dass sie tatsächlich koordiniert attackieren.



- Die Generäle müssen offensichtlich unendlich oft sich gegenseitig bestätigen um sich 100% sicher zu sein, dass sie tatsächlich koordiniert attackieren.
- Tatsächlich ist beweisbar, dass kein **gemeinsames Wissen** aufbaubar ist.



- Die Generäle müssen offensichtlich unendlich oft sich gegenseitig bestätigen um sich 100% sicher zu sein, dass sie tatsächlich koordiniert attackieren.
- Tatsächlich ist beweisbar, dass kein **gemeinsames Wissen** aufbaubar ist.
- Allerdings benötigt man das auch nicht immer.



- Die Generäle müssen offensichtlich unendlich oft sich gegenseitig bestätigen um sich 100% sicher zu sein, dass sie tatsächlich koordiniert attackieren.
- Tatsächlich ist beweisbar, dass kein **gemeinsames Wissen** aufbaubar ist.
- Allerdings benötigt man das auch nicht immer.
- Oft reicht zu wissen, dass meine Nachricht angekommen ist.



- Wenn man keine koordinierte Aktion vereinbaren will, sondern nur dafür sorgen will, dass der andere einen nicht stört, dann reicht, dass ich weiß, dass der andere meine Nachricht erhalten hat.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- Wenn man keine koordinierte Aktion vereinbaren will, sondern nur dafür sorgen will, dass der andere einen nicht stört, dann reicht, dass ich weiß, dass der andere meine Nachricht erhalten hat.
- General A schickt eine Nachricht, dass er morgen um 11 Uhr angreifen will und dass der andere General bitte **nicht** zur gleichen Zeit aktiv werden soll.

Motivation

Das Problem
der zwei
Generäle



- Wenn man keine koordinierte Aktion vereinbaren will, sondern nur dafür sorgen will, dass der andere einen nicht stört, dann reicht, dass ich weiß, dass der andere meine Nachricht erhalten hat.
- General A schickt eine Nachricht, dass er morgen um 11 Uhr angreifen will und dass der andere General bitte **nicht** zur gleichen Zeit aktiv werden soll.
- General B empfängt die Nachricht und sendet eine Bsetätigung.

Motivation

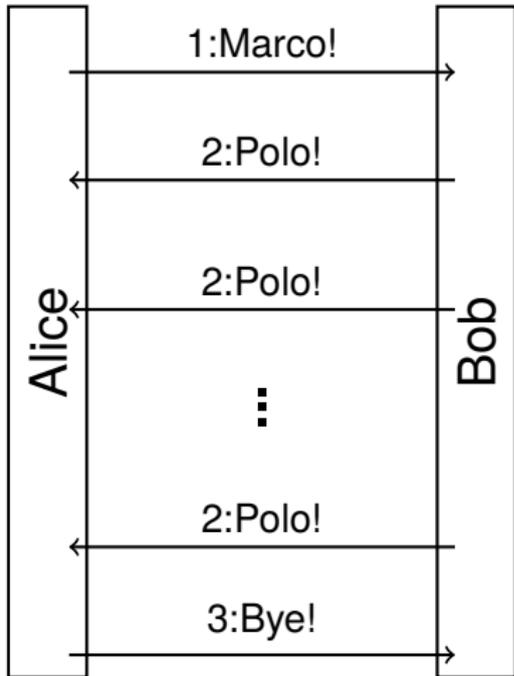
Das Problem
der zwei
Generäle



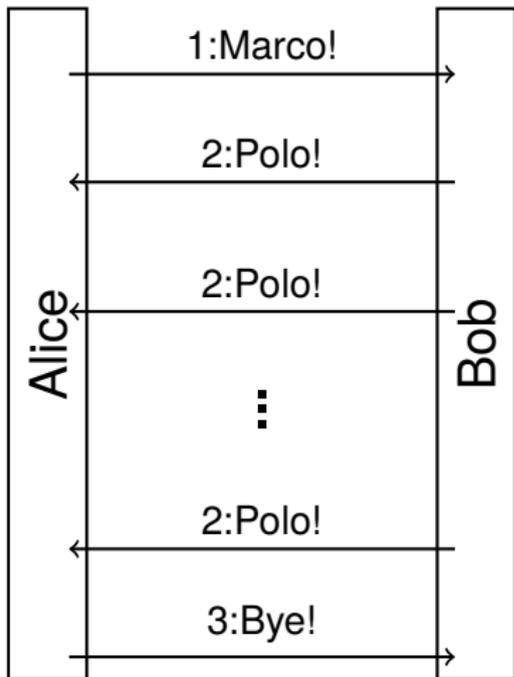
- Wenn man keine koordinierte Aktion vereinbaren will, sondern nur dafür sorgen will, dass der andere einen nicht stört, dann reicht, dass ich weiß, dass der andere meine Nachricht erhalten hat.
- General A schickt eine Nachricht, dass er morgen um 11 Uhr angreifen will und dass der andere General bitte **nicht** zur gleichen Zeit aktiv werden soll.
- General B empfängt die Nachricht und sendet eine Bsetätigung.
- Kommt die bei A an, kann er beruhigt die Attacke beginnen (wobei B nicht weiß, ob seine Bestätigung angekommen ist).

Motivation

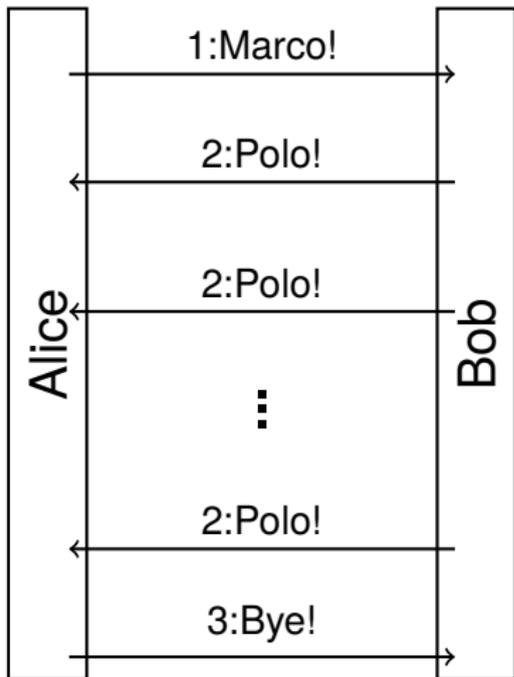
Das Problem
der zwei
Generäle



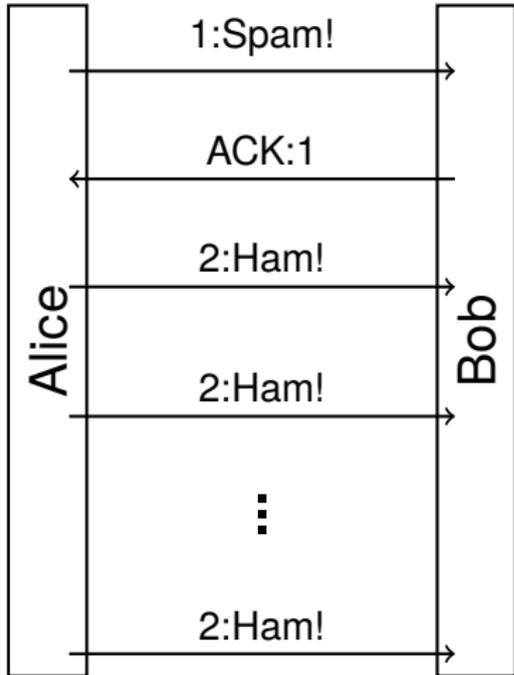
- Idee: Man schickt immer seinen eigenen Zug und wartet dann auf den Gegenzug des Mitspielers, was gleichzeitig die Bestätigung der eigenen Nachricht ist.



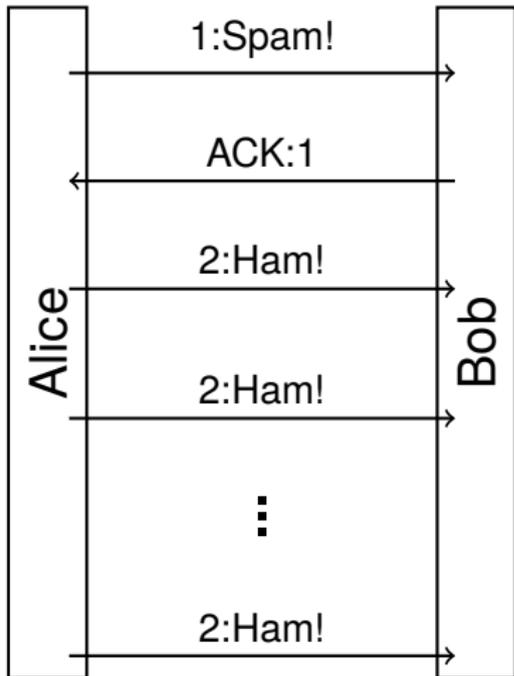
- Idee: Man schickt immer seinen eigenen Zug und wartet dann auf den Gegenzug des Mitspielers, was gleichzeitig die Bestätigung der eigenen Nachricht ist.
- Da man bis zu dieser Bestätigung nicht weiß, ob der eigene Zug angekommen ist, schickt man ihn wiederholt.



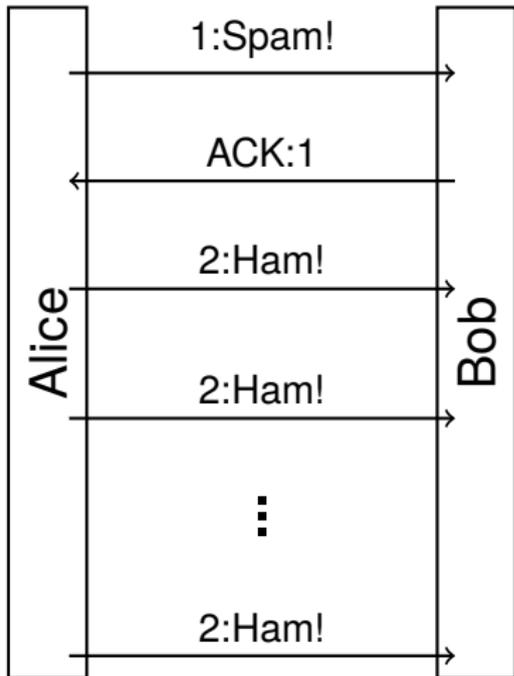
- Idee: Man schickt immer seinen eigenen Zug und wartet dann auf den Gegenzug des Mitspielers, was gleichzeitig die Bestätigung der eigenen Nachricht ist.
- Da man bis zu dieser Bestätigung nicht weiß, ob der eigene Zug angekommen ist, schickt man ihn wiederholt.
- Erhält man den nächsten Zug, kann man ab da auch wieder eine neue Nachricht schicken.



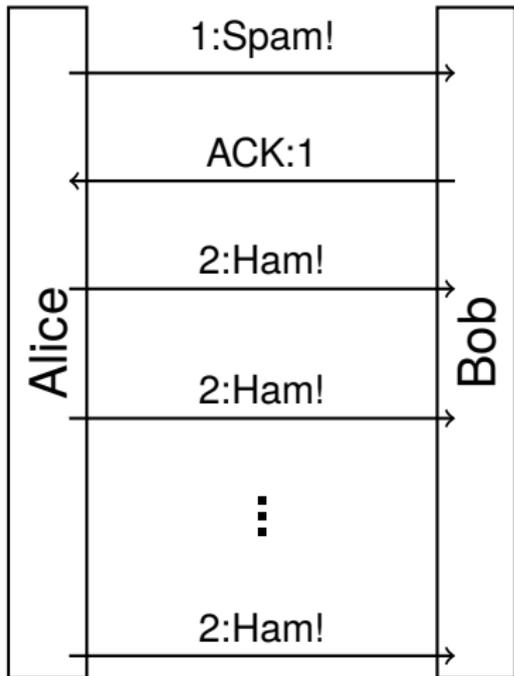
- Der Erhalt einer Nachricht wird **immer** bestätigt (acknowledgment)



- Der Erhalt einer Nachricht wird **immer** bestätigt (acknowledgment)
- Wurde die letzte Nachricht bestätigt, kann die nächste Nachricht gesendet werden.



- Der Erhalt einer Nachricht wird **immer** bestätigt (acknowledgment)
- Wurde die letzte Nachricht bestätigt, kann die nächste Nachricht gesendet werden.
- Unbestätigte Pakete werden in Intervallen erneut gesendet.



- Der Erhalt einer Nachricht wird **immer** bestätigt (acknowledgment)
- Wurde die letzte Nachricht bestätigt, kann die nächste Nachricht gesendet werden.
- Unbestätigte Pakete werden in Intervallen erneut gesendet.
- Vermeidet überflüssige Wiederholungen.



- Über unzuverlässige Leitungen ist kein **gemeinsames Wissen** aufbaubar.
- Man kann aber garantieren, dass der Sender weiß, dass seine Nachricht angekommen ist.
- Das ist i.W. ausreichend, um ein ein verteiltes Spiel zu realisieren.